

KOMPENSATION DER MESSUNSCHÄRFE DURCH LEITUNGS-UNSYMMETRIEN BEI DER DISTANZBERECHNUNG

Carlo LIEBERMANN¹², Peter SCHEGNER¹³

Inhalt

Distanzschutzeinrichtungen setzen symmetrische Impedanzen der zu schützenden Leitung voraus. Eine symmetrische Verkopplung bzw. eine symmetrische Leitung wird bei einer vollständigen Verdrillung nur am Leitungsende erreicht, wenn die Verdrillung in Abhängigkeit der Leiterfolge korrekt ausgewählt wurde (vorzugsweise Verdrillung) [1]. Damit wird bei einer ideal verdrillten Leitung die Distanzberechnung auch nur bei einem Fehler am Leitungsende korrekte Ergebnisse liefern. Fehler treten jedoch zufällig an verschiedenen Orten der Leitung auf. In diesem Fall weist der Leitungsabschnitt von der Messstelle bis zum Fehlerort keinen vollständigen Verdrillungsumlauf auf, ist also unsymmetrisch. In der Distanzberechnung werden die mit den gemessenen Spannungen und Ströme berechneten Impedanzen der unsymmetrischen Leitung, mit den eingestellten Leitungsparametern der symmetrischen Leitung verglichen. Es kommt folglich zu einer Unschärfe bei der Distanzberechnung, welche in Abhängigkeit der Fehlerart sowohl positiv als auch negativ ausfällt [2].

Das vorgestellte Verfahren zeigt, wie die Messunschärfe leiterselektiv für alle Fehlerschleifen in Abhängigkeit des Schaltzustands der Drehstromsysteme berechnet wird. Der entwickelte Algorithmus ist allgemeingültig und für alle Leitungen und Mastbilder einsetzbar. Die Berechnung erfolgt im natürlichen System, es können auch unverdrillte, ungünstig verdrillte oder speziell verdrillte Leitungen berechnet werden.

Methodik

Die Berechnung erfolgt anhand eines komplexen Leitungsmodells, welches es möglich macht, alle Ströme und Spannungen an jedem Punkt der Leitung zu berechnen.

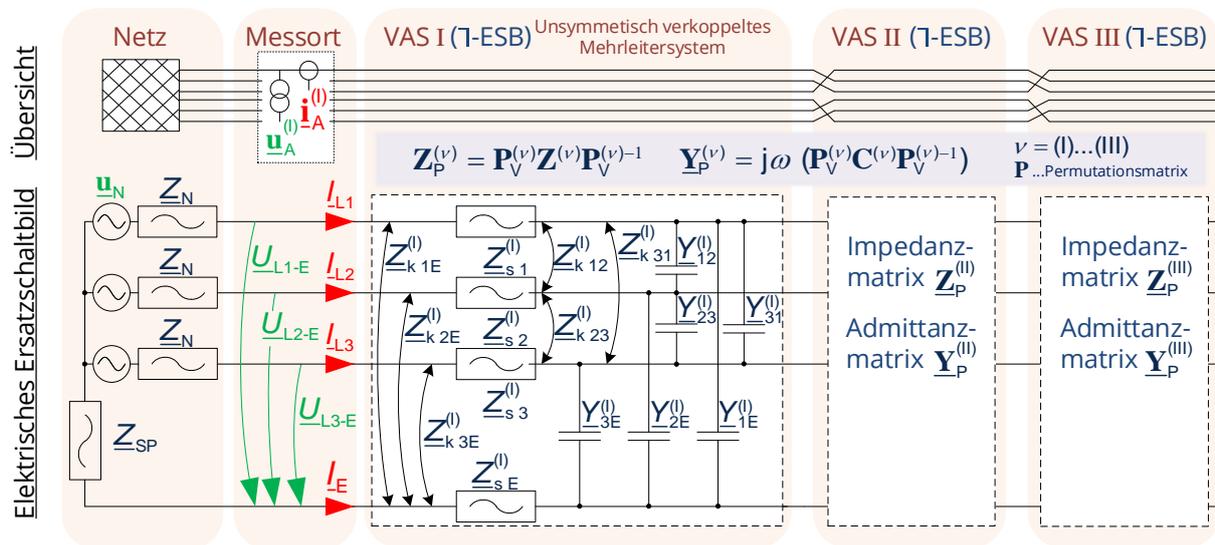


Abbildung 1: Verkoppeltes Mehrleitersystem

In Abhängigkeit der Leitungsgeometrie, der Leiterfolge sowie der Verdrillung, des Schaltzustands der Drehstromsysteme, der vorgelagerten Netzimpedanz bzw. Kurzschlussleistung am Verknüpfungspunkt und des Vorlastzustands können die leiterselektiv zu erwartenden Ströme und Spannungen für jede

¹ Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik (IEEH), Technische Universität Dresden, 01062 Dresden, www.tu-dresden.de/etieeh

² +49 351 463-43204, carlo.liebermann@tu-dresden.de

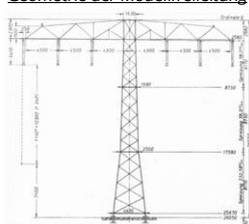
³ +49 351 463-33202, peter.schegner@tu-dresden.de

Fehlerart am Messort berechnet werden. Mit den Ergebnissen wird dann die im Relais zu erwartende Mitimpedanz bestimmt. Mit der Kenntnis der realen Distanz zum Fehlerort, welche vorab in der Berechnung vorgegeben werden muss, wird die Angabe der Messunschärfe möglich. Für eine Einfachleitung ergeben sich die in Abbildung 2b) dargestellten Kurven (vgl. „Berechnung Algorithmus“), welche dann zur Kompensation der im Fehlerfall gemessenen Distanz zum Fehlerort verwendet werden kann.

Ergebnisse

An dem dynamischen Netzmodell (DNM) der Professur für elektrische Energieversorgung der TU Dresden, welches unter anderem ein realistisches 220-kV-Leitungsmodell beinhaltet, konnte durch gezielte Kurzschlussversuche die prognostizierte Unschärfe bei der Distanzmessung leiterselektiv validiert werden. Es zeigt sich, dass Abweichungen bei der Bestimmung des Fehlerorts von bis zu $\pm 40\%$ gegenüber einer als symmetrisch angenommenen Leitung zu erwarten sind. Diese wurden sowohl mit dem Algorithmus berechnet, als auch durch gezielte Kurzschlussversuche auf der Leitung messtechnisch untersucht (vgl. Abbildung 2b) „Messung Distanzschutz“).

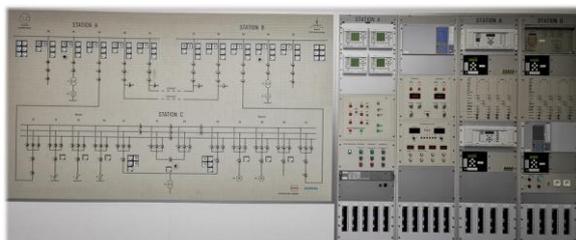
Geometrie der Modellfreileitung



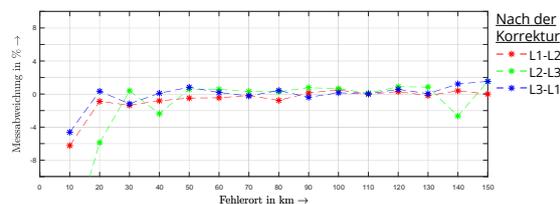
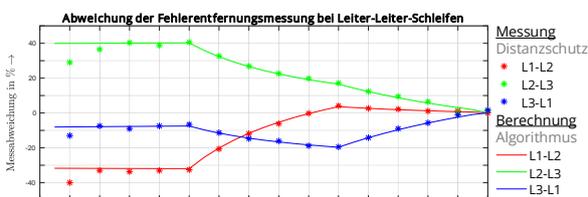
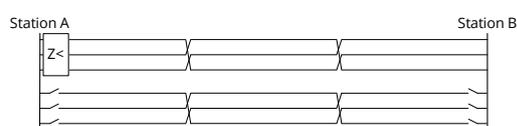
- Mastbild (220 kV-Einebene)
- Delta1-Verdrillung



- Physikalische Nachbildung der Freileitung mit 150 km Gesamtlänge
- 1-, 2- u. 3-polige Kurzschlüsse mit und ohne Erdberührung möglich



Dynamisches Netzmodell: Schalttafel (links), Sekundärtechnik (rechts)



a) Laboraufbau

b) Ergebnisauswertung

Abbildung 2: Validierung im Dynamischen Netzmodell (DNM) des IEEH der TU Dresden

Mit den neuen Verfahren wurden weitaus genauere Berechnung des Fehlerortes bei einseitiger Fehlerortung möglich. Nach der Kompensation der Messunschärfe reduziert sich der Fehler bei der Distanzberechnung auf wenige Prozent. Das Verfahren bietet somit erhebliche Vorteile.

Referenzen

- [1] C. Liebermann, „Auswirkungen ungünstig verdrillter Leitungen - Optimierung der Verdrillung während der Planung,“ 23. Dresdner Kreis Elektroenergieversorgung Begleitband zum Workshop 2022 in Magdeburg, pp. 1 - 6, Juni 2023.
- [2] G. Ziegler, Digitaler Distanzschutz Grundlagen und Anwendungen, Nürnberg: Publicis Corporate Publishing Erlangen, 2008